Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 20, No. 2, Summer 2022, p. 179-196

Effect of Cropping System Management on Yield, Yield Components and Weed Diversity in Potato (*Solanum tuberosum* L.)

H. R. Bahrevar[1], M. Jahan[2*], P. Rezvani-Moghaddam[2]

Received: 19-09-2021 Revised: 19-12-2021 Accepted: 29-12-2021	**How to cite this article:** Bahrevar, H. R., Jahan, M., and Rezvani-Moghaddam, M. 2022. Effect of Cropping System Management on Yield, Yield Components and Weed Diversity in Potato (*Solanum tuberosum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 20 (2): 179-196. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/jcesc.2021.72397.1086.

Introduction

Potato is one of the most valuable food products. Indeed, no product has the capacity to produce energy per unit area compared with it. Potato has been an important part of the diet in most countries, especially in developing countries. Conventional cropping systems emphasize short-term goals such as high profitability and yield, and their maintenance costs are maximized due to the use of external inputs such as fertilizers and chemical pesticides, so with no use of external inputs, yield is greatly reduced. On the other hand, sustainable farming systems are systems that rely on low-energy inputs and small amounts of chemicals for long-term production stability and environmental adaptation. The purpose of this study was to investigate the effect of different cropping system management on yield, yield components and weed diversity in potato cultivation.

Materials and Methods

This experiment was conducted during the two years of 2015-2016 and 2016-2017 in the farm of Ran-Firoozkooh Cooperation Ltd., located at 10 km east of city of Firoozkooh city. The experiment was conducted as split plot arrangement based on a randomized complete block design with four replications. In this research, various agricultural management assigned to the main plots and weeding and no-weeding operations were allocated to the sub plots. Cropping systems include the high input, medium input, low input and ecological. At the early June, the potato seed tubers were planted in plots of 15 × 6 m (with a distance of 70 cm between the rows, 22 cm on the rows) in all cropping systems. At the end of the growing season (Oct, 1) potato tubers were harvested. Data were analyzed using SAS 9.1 and figures were prepared using MS-EXCEL software.

Results and Discussion

Mean comparisons showed that the highest single tuber weight (87.6 g) obtained from high input system, which was 26% higher than the low input system. The results also indicated that the weight of single tuber was increased with increasing weed control, so that the highest rate of this trait was obtained from weeding treatments. In the ecological system, the yield of the tuber in the weed control treatment was significantly different than the weedy treatment. The highest amount of tuber yield was resulted in the high input system and in weeding treatment which was significantly higher than the ecological system and the weedy treatment. In the high input system, more access to nutrients (NPK) resulting in improved yield and growth component. The phosphorus used in the high input system has different roles such as cell division, fertilization and development of reproductive organs. This can improve root and tuber development and increase water absorption and nutritional elements. Another reason for the increased yield in medium and high-input cropping systems could be assigned to the reduction of weed density in these systems. Means comparison showed that the nitrogen content of tuber in the high input system was 1.34%, which was higher than the low input system by 13%. The highest level of this trait was obtained in weeding. Plants grown in the high-input system stored more of nitrogen in their tissues due to the higher input of nitrogen fertilizer. Dzida and Jarosz (2006) reported that in a greenhouse experiment, the application of nitrogen fertilizer had a positive effect on nitrogen accumulation in the shoots of

1- Ph.D. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: jahan@ferdowsi.um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.72397.1086

savory (*Satureja hortensis*). On the other hand, Derakhshan *et al.* (2018) stated that increasing nitrogen fertilizer is not only not beneficial to the crop, but also complicates the weed problem, in which case weeds absorb nutrients faster and more than the crop. There was a negative correlation between increasing the use of inputs and Shannon-Wiener index, so that ecological system (1.32), which was without the use of inputs, had the highest rate of this index and the lowest one was observed in the high input system (0.87). The main reason for the loss of biodiversity in conventional farms compared with low and ecological systems seems to be the intensification of agricultural operations, which is associated with excessive consumption of inputs, including herbicides.

Conclusion

In general, the results of this study showed that with increasing input, yield and yield components of potatoes increased. The results also showed that the highest amount of nitrogen was observed in tubers, potato shoots and also in weed tissues in the high input system and therefore it can be suggested that more use of chemical fertilizers has resulted in more nitrogen storage in different plant tissues. On the other hand, with the decrease in the input in ecological and low-input systems, the amount of Shannon-Wiener diversity index increased so that the highest amount of this index was observed in ecological and low-input systems. Considering the reduction of environmental pollution in ecological systems, it seems that such systems are environmentally friendly and if such services can be valued, the ecological system will be more superior compared with the conventional ones.

Keywords: Ecological, High input, Medium input, Shannon-Wiener, Weeding

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۰، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱، ص ۱۹۶-۱۷۹

اثر مدیریت نظام زراعی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص تنوع علف‌های هرز در تولید سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)

حمیدرضا بهره ور[۱]، محسن جهان[۲]*، پرویز رضوانی مقدم[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۰۸

چکیده

به‌منظور بررسی تاثیر روش‌های مدیریت مختلف زراعی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص تنوع علف‌های هرز در مزرعه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ در اراضی شرکت ران- فیروزکوه واقع در شهرستان فیروزکوه اجرا شد. عامل کرت اصلی چهار نظام زراعی شامل ۱- پرنهاده، ۲- متوسط نهاده، ۳- کم نهاده و ۴- اکولوژیک (عدم استفاده از کود شیمیایی (تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از طریق کاربرد کمپوست به میزان ۶۰ تن در هکتار،آماده‌سازی زمین با استفاده از کارگر و بیل دستی انجام شد). مدیریت علف‌های هرز در دو سطح وجین و عدم وجین به‌عنوان عامل کرت فرعی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان وزن تک غده و محتوای نیتروژن غده به‌ترتیب با ۸۷/۶ گرم و ۱/۳۴ درصد، همچنین بیشترین تعداد غده (۶/۶)، وزن غده در تک بوته (۶۵۳ گرم)، وزن غده در متر مربع (۴/۵۷ کیلوگرم)، عملکرد (۴۵۷۱۰ کیلوگرم) و محتوای نیتروژن ساقه و برگ سیب‌زمینی (۱/۴۱ درصد) در تیمار نظام پرنهاده و وجین علف‌های هرز گزارش شد. از طرف دیگر، بیشترین میزان شاخص تنوع شانون-وینر (۱/۳۲) و درصد نیتروژن علف‌های هرز (۲/۳۶ درصد) به‌ترتیب از نظام‌های اکولوژیک و پرنهاده به‌دست آمد. به‌طور کلی، با در نظر گرفتن خصوصیات عملکرد و اجزای عملکرد، نظام کشت پرنهاده و وجین علف‌های هرز به‌عنوان تیمار برتر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اکولوژیک، پرنهاده، شانون-وینر، متوسط نهاده، وجین علف هرز

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) محصولی است که بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) بیشترین گسترش را در جهان دارد که در بیش از ۱۴۰ کشور جهان تولید می‌گردد. سیب‌زمینی یکی از با ارزش‌ترین محصولات غذایی محسوب می‌گردد و در حقیقت هیچ محصولی در مقایسه با آن ظرفیت تولید انرژی در واحد سطح را ندارد و به دلیل عملکرد بالا، اهمیت خاصی در بین محصولات کشاورزی دارد. در اکثر کشورها و به‌خصوص کشورهای در حال توسعه، سیب‌زمینی سهم مهمی از جیره غذایی را تشکیل می‌دهد (Coulibali *et al.*, 2020).

از طرف دیگر، نظام‌های زراعی رایج بر اهداف کوتاه مدتی چون سود و عملکرد بالا تأکید دارند و هزینه نگهداری آن‌ها به دلیل استفاده از نهاده‌های خارجی مانند کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی حداکثر بوده و در صورت عدم مصرف نهاده‌های خارجی، عملکرد به میزان زیادی کاهش می‌یابد (Vakilpoor and Babania, 2016r). در نظام‌های زراعی رایج، کاهش حاصلخیزی خاک، استفاده گیاهان از ذخایر خاک بدون جایگزینی مناسب و کافی، باعث کاهش توان تولیدی محصول می‌گردد. در این گونه نظام‌های زراعی، استفاده گسترده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه جبران کمبود عناصر غذایی و حاصلخیزی خاک معرفی می‌گردد. به دلیل کاربرد زیاد کودهای شیمیایی در خاک، عملکرد در واحد سطح افزایش می‌یابد، ولی چرخه‌های طبیعی عناصر غذایی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و دیگر عناصر کاهش می‌یابد، بنابراین مواد آلی موجود در خاک نیز در حداقل میزان خود قرار می‌گیرند (Shah and Wu, 2019). نظام‌های زراعی رایج که عمدتاً به مصرف نهاده‌های شیمیایی متکی هستند منجر به بروز مشکلات عمده زیست‌محیطی، آلودگی هوا و آب و خاک به‌وسیله

۱- دانشجوی دوره دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: jahan@ferdowsi.um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.72397.1086

آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی، تکه تکه شدن زیستگاه‌ها و نابودی حیات وحش، کاهش تنوع زیستی کشاورزی، افزایش سیل، خشکسالی و طوفان، فرسایش خاک و تخریب منابع آب و خاک و افزایش مقاومت آفات و بیماری‌ها به انواع سموم شیمیایی و افزایش گازهای گلخانه‌ای گردیده است؛ که این‌ها تنها بخشی از مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کشاورزی رایج مبتنی بر مصرف نهاده‌های شیمیایی می‌باشند. درحالی‌که نظام‌های کشاورزی پایدار، سیستم‌هایی هستند که برای ثبات تولید در درازمدت و سازگاری محیطی، بر نهاده‌های کم انرژی و مقادیر کمی مواد شیمیایی متکی هستند (Therond *et al.*, 2017).

در سال‌های اخیر استفاده از سیستم‌های زراعی کم نهاده به منظور ابداع شیوه‌های نوین در مدیریت و بهره‌برداری از منابع و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار، جایگاه قابل‌توجهی پیداکرده است. نظام‌های زراعی کم نهاده، در مقایسه با نظام‌های زراعی رایج از کارآیی بالاتری برخوردارند و پژوهش‌های متعدد انجام گرفته در سطح جهان، تأییدکننده این مطلب می‌باشد (Kulak *et al.*, 2013, Giuliano *et al.*, 2016; Jahan *et al.*, 2021; Amiri *et al.*, 2022). در بسیاری از آزمایش‌هایی که در زمینه‌ی کشاورزی پایدار انجام گرفته معمولاً توجه کمتری به کیفیت تولید شده است. برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، پایداری نظام‌های کشاورزی در درازمدت را نیز به دنبال داشته باشد (Trabelsi *et al.*, 2016; Deytieux *et al.*, 2016). لذا تنها انتخابی که باقی مانده است حفظ دراز مدت بازدهی زمین‌های کشاورزی توأم با تغییر در الگوی مصرف نهاده‌ها است (Rega *et al.*, 2019). حفظ بازدهی بلند مدت زمین‌های کشاورزی مستلزم تولید پایدار مواد غذایی می‌باشد. این پایداری از طریق به‌کارگیری اصول کشاورزی پایدار شامل تقویت و حفظ فرآیندهای اکولوژیک در نظام‌های زراعی، قابل حصول می‌باشد (Trigo *et al.*, 2021; Jahan *et al.*, 2021).

رقابت یکی از مهم‌ترین عواملی است که روی ویژگی‌های گیاهان اثر می‌گذارد و ممکن است تأثیر آن به حدی باشد که شکل و اندازه گیاهان را به‌طور قابل توجهی تغییر داده و عملکرد آن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد (Rodrigues *et al.*, 2016). گیاهان از نظر مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در پاسخ به محیط اطراف خود بسیار انعطاف‌پذیرند و این مسئله منجر به بروز پاسخ‌های متفاوتی از سوی گیاهان می‌شود (Kapczyńska and Stodolak, 2019). رقابت علف‌های هرز با گیاه زراعی در اکوسیستم‌های کشاورزی یکی از تنش‌های بیولوژیکی مهم است که ممکن است به شکل‌های مختلفی صورت گیرد و موجب کاهش شدید کارایی مصرف نیتروژن شود و بنابراین کنترل آن‌ها می‌تواند تأثیر زیادی در افزایش تولید گیاهان زراعی داشته باشد. آزمایش‌های انجام شده نشان داده است که عملیات زراعی توانایی رقابتی گیاهان زراعی و علف‌های هرز را در اکوسیستم‌های کشاورزی تغییر می‌دهد که در نتیجه آن تأثیر علف‌های هرز بر روی گیاهان تغییر می‌کند (Lehoczky *et al.*, 2009).

علف‌های هرز دارای فلور بسیار پویا و تغییرات دائمی بوده و این تغییرات از قوانین حاکم بر توالی اکولوژیک تبعیت می‌کنند (Aynehband, 2019) اگرچه این گیاهان جزء لاینفک نظام‌های زراعی می‌باشند، ولی به دلیل تأثیرات آن‌ها بر رشد گیاه زراعی و به‌ویژه کاهش عملکرد، با استفاده از روش‌های مختلف مدیریتی کنترل می‌شوند (Aynehband, 2019).

با توجه به افزایش مصرف نهاده‌ها، به‌ویژه نهاده‌های تجدیدناپذیر در تولید محصولات زراعی و همچنین آلودگی زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی، طراحی نظام‌های منطبق با اصول اکولوژیکی و به‌کارگیری عناصر اکولوژیک و تجدیدپذیر و یا افزایش کارایی نهاده‌های مصرفی از اهداف نیل به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد. لذا هدف از این تحقیق بررسی تاثیر مدیریت نظام زراعی بر عملکرد، اجزای عملکرد و همچنین شاخص تنوع علف‌های هرز در سیب‌زمینی بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ در اراضی شرکت ران- فیروزکوه واقع در ۱۰ کیلومتری شرق شهرستان فیروزکوه با مختصات طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۲۰۵۰ متر اجرا شد. این منطقه به سبب دارا بودن زمستان‌های سرد و طولانی و همچنین بهار خنک و تابستان معتدل، دارای اقلیم سرد و کوهستانی می‌باشد. داده‌های هواشناسی طی دوره اجرای پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. در این طرح، مدیریت‌های مختلف نظام زراعی در کرت اصلی و وجین و عدم وجین علف‌های هرز در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نظام‌های زراعی شامل: نظام پرنهاده، متوسط نهاده، کم‌نهاده و اکولوژیک بودند. ۱- نظام پرنهاده شامل دوبار شخم عمیق (یک شخم در پاییز سال قبل و یک شخم در بهار)، دو بار دیسک عمود بر هم، یکبار لولر و کاربرد کودهای شیمیایی (۲۵۰ کیلوگرم اوره-۲۲۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل- ۹۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم) بر اساس آزمون خاک بود.

جدول ۱- آمار هواشناسی (ماهانه) ایستگاه سینوپتیک فیروزکوه طی دوره آزمایش در سال‌های ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵

Table 1- Meteorological statistics (monthly) of Firoozkooh synoptic station during the experimental period in 2015-2016 and 2016-2017

ماه Month	رطوبت نسبی Relative humidity (%)		بارش Rainfall (mm)		دمای میانگین Average temperature (C^0)		دمای حداکثر Max temperature (C^0)		دمای حداقل Min temperature (C^0)	
	2015–16	2016–17	2015–16	2016–17	2015–16	2016–17	2015–16	2016–17	2015–16	2016–17
اردیبهشت (April)	40	47	2.2	5.9	14.3	15.2	26.7	29.2	-1.3	-2
خرداد (May)	40	42	11.3	11.5	20.5	17.9	34.7	31.7	3.2	3.4
تیر (June)	42	47	29.7	5.6	22.5	21.4	36.2	35.8	9.6	9.6
مرداد (July)	41	44	4.9	5.1	20.9	20.6	35.4	35.9	8.3	7.8
شهریور (August)	58	45	55	2.8	16.9	18.8	31.1	32	2.4	5.1
مهر (September)	57	47	35.1	0	13.5	12.4	26.1	29.2	0.3	-1.1

۲- نظام متوسط نهاده شامل یک بار شخم در بهار، دو بار دیسک عمود بر هم یکبار لولر و اعمال ۵۰٪ کودهای شیمیایی (۱۲۵ کیلوگرم اوره-۱۱۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل- ۴۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم) توصیه شده بر اساس آزمون خاک، ۳- نظام کم‌نهاده شامل یکبار شخم در بهار، یکبار دیسک و یک سوم مصرف کودهای شیمیایی (۸۳ کیلوگرم اوره-۷۳ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل- ۳۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم) توصیه شده بر اساس آزمون خاک بود. ۴- نظام اکولوژیک که در آن هیچ‌گونه کود شیمیایی به‌کار نرفت و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از طریق کاربرد کمپوست (طبق توصیه آزمایشگاه خاک‌شناسی، در نظام اکولوژیک مقدار مصرف کود کمپوست ۲۰ تن در هکتار بود و از آن‌جایی‌که در سال اول استفاده از کودهای آلی، تنها ۲۴ درصد از نیتروژن موجود در آن‌ها آزاد می‌شود، که این امر حاکی از آثار تجمعی کاربرد کود آلی می‌باشد (Mirlohi *et al.*, 2009) برای تأمین مقدار نیتروژن مورد نیاز در سال اول بایستی سه برابر مقدار توصیه شده اعمال شود که مقدار ۶۰ تن در هکتار اعمال شد) صورت گرفت. در این شیوه مدیریت نظام هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی با ماشین‌آلات صورت نگرفته و آماده‌سازی زمین با استفاده از کارگر و توسط بیل دستی انجام شد. تمامی کودهای فسفره، پتاسه و یک سوم کود اوره طبق توصیه آزمون خاک در نظام‌های پر، متوسط و کم‌نهاده قبل از کاشت اعمال شده و به‌وسیله دیسک به زیر خاک برده شد. دو سوم باقی‌مانده کود اوره در حین عملیات داشت و همزمان با عملیات خاک‌دهی سیب‌زمینی اعمال شد. در نظام اکولوژیک همزمان با سایر نظام‌ها عمل خاک‌دهی صورت گرفته ولی هیچ‌گونه کود نیتروژن به‌صورت سرک مصرف نشد.

کاشت سیب‌زمینی در سه نظام پر، متوسط و کم‌نهاده با استفاده از دستگاه سیب‌زمینی کار چهار ردیفه خطی‌کار اتوماتیک (ساخت شرکت سبز دشت، اصفهان) انجام شد ولی در نظام اکولوژیک این کار به‌صورت دستی انجام شد. عملیات کاشت سیب‌زمینی از اوایل خرداد هر دو سال با گرم شدن تدریجی هوا در کرت‌هایی به ابعاد ۱۵×۶ متر با فاصله بین ردیف ۷۰ و روی ردیف ۲۲ سانتی‌متر و در ۸ ردیف در تمامی نظام‌ها انجام شد. عمق کاشت غده در تمامی کرت‌ها ۱۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر کرت اصلی نظام، دو کرت فرعی دارای ۴ ردیف (با مساحت ۴۵ متر مربع) مربوط به تیمار علف هرز و ۴ ردیف مربوط به تیمار عدم علف هرز بود. کنترل علف‌های هرز در کرت‌های بدون علف هرز، همه نظام‌ها توسط وجین دستی انجام شد و هیچ‌گونه سم علف‌کش به‌کار نرفت. علف‌های هرز مشاهده شده در مزرعه طی دو سال زراعی و در نظام‌های زراعی در جدول ۲ نشان داده شده است. عملیات وجین دستی در دو نوبت (۱۸ تیرماه و ۱۳ مرداد) صورت پذیرفت.

آبیاری حداکثر یک هفته پس از کاشت بوده و به فاصله هر هفته یکبار به‌صورت نشتی انجام شد. به‌منظور اجتناب از مخلوط شدن آب کرت‌ها با یکدیگر، برای هر تکرار جوی آبیاری جداگانه در نظر گرفته شد. رقم سیب‌زمینی مورد استفاده، رقم اگریا کلاس SE و از منشأ مینی تیوبر بوده و از غده‌های کلاس مادری استفاده شد. مینی تیوبر (کلاس S) نیز دو سال قبل با تهیه گیاهچه‌های مورد نیاز از مرکز تحقیقات اصفهان، توسط شرکت ران تولید گردید. آگریا رقمی نیمه دیررس بوده و دوره خواب طولانی دارد (Hassanpanah and Hassanabadi, 2011).

قبل از انجام آزمایش، به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و همچنین تعیین مقدار کودهای شیمیایی در نظام‌های پر، متوسط و کم‌نهاده، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری و به آزمایشگاه خاک‌شناسی ارسال شد. همچنین یک نمونه از کمپوست به‌منظور تعیین مقدار عناصر موجود برای برآورد مقدار اعمال آن در نظام اکولوژیک نیز به آزمایشگاه ارسال که اطلاعات آن‌ها به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۲- میانگین تعداد انواع علف هرز طی پنج دوره نمونه‌برداری در نظام های مختلف زراعی در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵

Table 2- Average number of weed species during five sampling periods in different cropping systems in 2015-16 and 2016-17 cropping years

Cropping systems	تاج خروس Amaranth		سلمه Chenopodium album		پیچک Convolvulus		کنگر Cirsium vulgare		علف شور Salsola	
	16–2015	17–2016	16–2015	17–2016	16–2015	17–2016	16–2015	17–2016	16–2015	17–2016
اکولوژیک Ecological	26	24.2	6.2	6.8	20.5	7.7	5.6	4.6	0.6	2.2
پرنهاده High input	16.2	17	14.4	9.2	2.2	6.1	2.2	3.4	1.7	1.2
متوسط نهاده Medium input	30.6	19.6	8.2	8	6.6	4.3	3	4.4	5.4	2.6
کم‌نهاده Low input	26.8	18.2	7.8	5.4	9.8	4.5	4	2.6	2.2	1

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 3- Soil chemical and physical characteristics of the experimental site

Soil texture	Available nitrogen (%)	P (ppm)	K (ppm)	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	OC (%)
لوم سیلتی (Silt loam)	0.07	8.8	270	7.54	1.13	0.87

جدول ٤- نتایج تجزیه شیمیایی کود کمپوست

Table 4- Chemical decomposition of compost fertilizer

Sample specifications	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	O.C (%)	O.M (%)	N (%)	P (%)	K (%)
Compost	7.39	4.33	18.8	32.3	1.72	0.45	1

در پایان فصل رشد و رسیدگی کامل غده‌های سیب‌زمینی به‌منظور تعیین عملکرد و اجزای آن، محصول و اندام هوایی واقع در یک متر مربع از هر کرت با رعایت اثر حاشیه توسط دست به‌طور کامل و بدون آسیب‌دیدگی در تاریخ ۱۰ مهرماه برداشت شد. غده‌ها داخل پاکت ریخته شده و به آزمایشگاه منتقل شدند و بعد از پاک کردن از مواد زائد و خاک، اقدام به شمارش و توزین غده‌ها شد.

برای تعیین تنوع علف‌های هرز از شاخص شانون-وینر (رابطه (۱)) استفاده شد (Shannon and Weiner, 1949).

$$H' = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{ni}{N} \times \text{Log}\frac{ni}{N} \qquad (۱)$$

در این رابطه ni: تعداد افراد گونه iام و N: تعداد کل افراد می‌باشد. همچنین برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن بافت‌های مختلف سیب‌زمینی و همچنین علف‌های هرز مزرعه، در پایان فصل رشد، قبل از برداشت، مقدار نیتروژن موجود در اندام‌های هوایی و غده‌های سیب‌زمینی و اندام‌های هوایی علف‌های هرز به روش کجلدال و با استفاده از دستگاه میکروکجلدال (AOAC official method 968.06 [4.2.04]) (Horwitz and Latimer, 2005) اندازه‌گیری شد.

آزمون نرمال بودن داده‌ها با رویه تک متغیره (univariate) نرم‌افزار SAS انجام شد و نتایج حاصل به روش شاپیرو-ویلک (shapiro-wilk) نشان داد تمامی صفات دارای توزیع نرمال بوده است (جدول ۵). با توجه به اثبات همگن بودن واریانس خطاهای آزمایشی، داده‌ها مورد تجزیه مرکب قرار گرفتند. برای تجزیه مرکب عامل بلوک به‌عنوان اثر تصادفی و عوامل نظام زراعی و مدیریت علف هرز به‌عنوان اثر ثابت در نظر گرفته شدند. همچنین، از آن‌جایی که مزرعه تحقیقاتی فوق از لحاظ بانک بذر غنی می‌باشد نتایج نشان داد فراوانی علف هرز در تمامی تیمارها از توزیع یکنواختی برخوردار بود و ضریب تغییرات آن زیر ۲۰ درصد بود (جدول ۶). تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و MS-Excel انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

جدول ۵- نتیجه آزمون بررسی نرمالیتی ویژگی‌های مورد مطالعه سیب‌زمینی بر اساس آزمون شاپیرو-ویلک
Table 5- The result of normality test for potato characteristics based on the Shapiro-Wilk Test

تست Test	نیتروژن ساقه و برگ Stem and leaf nitrogen content	نیتروژن غده Tubers nitrogen content	عملکرد Yield	وزن غده ها در متر مربع The weight of tubers in square meters	وزن غده ها در تک بوته The weight of tubers in a single plant	وزن تک غده Single tuber weight	تعداد غده (در بوته) Number of tubers (in plant)	نیتروژن علف های هرز Weed nitrogen	شاخص تنوع شانون-وینر Shannon-Wiener diversity index
شاپیرو- ویلک Shapiro-Wilk	0.987^{ns}	0.980^{ns}	0.985^{ns}	0.990^{ns}	0.986^{ns}	0.991^{ns}	0.984^{ns}	0.976^{ns}	0.973^{ns}

ns, *, ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد
(ns, *, **: represent non-significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively)

جدول ٦- درصد فراوانی انواع علف هرز در نظام های مختلف زراعی در سال های زراعی ٩٥-١٣٩٤ و ٩٦-١٣٩٥
Table 6- Percentage of frequency of weed types in different cropping systems in 2015-16 and 2016-17 cropping years

Cropping systems	تاج خروس Amaranth		سلمه Chenopodium album		پیچک Convolvulus		کنگر Cirsium vulgare		علف شور Salsola	
	16–2015	17–2016	16–2015	17–2016	16–2015	17–2016	16–2015	17–2016	16–2015	17–2016
اکولوژیک Ecological	45.98	50.55	11.05	15.23	32.80	21.43	8.79	9.37	1.36	4.40
پرنهاده High input	44.37	46.52	39.23	23.94	5.84	18.38	5.77	8.39	4.77	2.76
متوسط نهاده Medium input	54.57	48.91	17.05	22.46	11.63	12.77	5.57	7.24	5.42	2.83
کم نهاده Low input	50.28	52.15	15.62	15.55	18.87	22.22	9.80	10.85	11.15	4.99
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)	14.1	11.6	17.7	14.3	16. 7	18.1	10.9	18.4	15.9	18.2

نتایج و بحث

اجزای عملکرد

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی علف هرز ($p \leq 0.01$) و اثر متقابل نظام و علف هرز ($p \leq 0.05$) بر تعداد غده معنی‌دار بودند. (جدول ۷). بیشترین میزان این صفت در شرایط وجین علف هرز (۵/۹۳ عدد) حاصل شد که نسبت به شرایط عدم وجین ۳۷ درصد بیشتر بود (شکل ۱). همچنین، در بین تیمارهای آزمایش بیشترین تعداد غده (۶/۶۲ عدد) در تیمار نظام پرنهاده که در آن کنترل علف‌های هرز صورت گرفت به‌دست آمد که به میزان ۶۵/۵ درصد نسبت به نظام پرنهاده که در آن علف هرز کنترل نشد تعداد غده بیشتر بود (جدول ۸).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی نظام و مدیریت علف هرز ($p \leq 0.01$)، تاثیر معنی‌داری بر وزن تک غده داشتند (جدول ۷). وزن تک غده در شرایط کشت پرنهاده ۸۷/۶ گرم گزارش شد که نسبت به کشت در شرایط کم‌نهاده به میزان ۲۶ درصد بیشتر بود (شکل ۲). همچنین نتایج حاکی از آن است که با کنترل علف‌های هرز بر میزان وزن تک غده افزوده شد، به طوری‌که بیشترین میزان این صفت در شرایط وجین علف هرز (۸۷/۶ گرم) به‌دست آمد و کمترین مقدار این صفت در شرایط عدم وجین (۶۷/۵ گرم) حاصل شد که تفاوت بیشترین و کمترین مقدار آن‌ها برابر با ۳۰ درصد می‌باشد (شکل ۳).

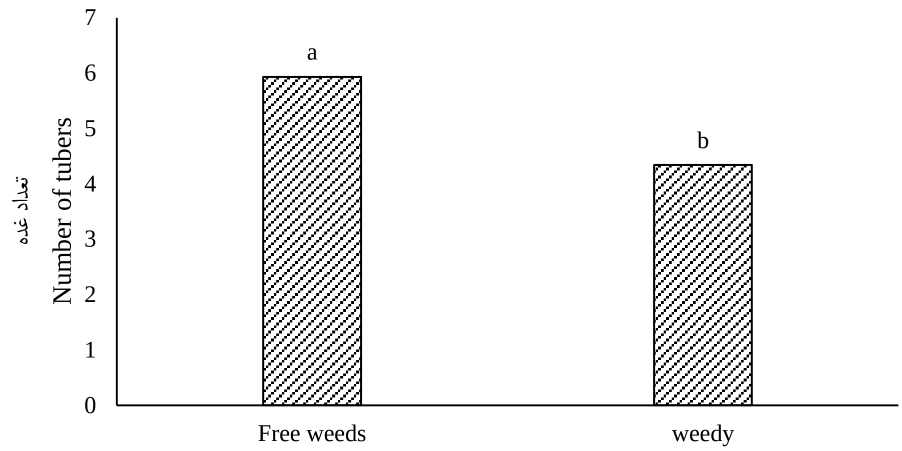
جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی ویژگی‌های رشدی سیب‌زمینی تحت چهار روش مدیریت نظام و کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) for some growth characteristics of potatoes under four methods of system management and weed control and non-control

منابع تغییر (Source of variation)	درجه آزادی (d.f)	میانگین مربعات (Mean of squares)						
		تعداد غده (در بوته) Number of tubers (in plant)	وزن تک غده Single tuber weight	وزن غده‌ها در تک بوته The weight of tubers in a single plant	وزن غده‌ها در متر مربع The weight of tubers in square meters	عملکرد Yield	نیتروژن غده Tubers nitrogen content	نیتروژن ساقه و برگ Stem and leaf nitrogen content
سال Year (Y)	1	0.01^{ns}	35.4^{ns}	1198.8^{ns}	0.05^{ns}	5874568^{ns}	0.001^{ns}	0.0009^{ns}
خطای سال Year error	6	0.59	80.07	1466.5	0.07	7186029	0.01	0.005
مدیریت نظام زراعی cropping systems management (A)	3	0.30^{ns}	994.2^{**}	43583.09^{**}	2.13^{**}	213562085^{**}	0.08^{**}	0.11^{**}
Y×A	3	0.05^{ns}	16.43^{ns}	90.3^{ns}	0.004^{ns}	442914^{ns}	0.0004^{ns}	0.00006^{ns}
خطای الف Error A	18	0.52	105.4	1270.7	0.06	6226581	0.01	0.01
کنترل علف هرز Weed control (B)	1	40.6^{**}	6482.2^{**}	831972.01^{**}	40.7^{**}	4076662877^{**}	0.26^{**}	0.32^{**}
A×B	1	2.01^{*}	60.4^{ns}	29109.01^{**}	1.42^{**}	142634177^{**}	0.008^{ns}	0.04^{**}
Y×B	3	0.14^{ns}	12.42^{ns}	489.51^{ns}	0.02^{ns}	2398627^{ns}	0.000001^{ns}	0.0004^{ns}
Y×A×B	3	0.01^{ns}	23.83^{ns}	569.6^{ns}	0.02^{ns}	2791443^{ns}	0.0003^{ns}	0.0008^{ns}
خطای ب Error B	24	0.44	78.4	1391.3	0.06	6816079	0.008	0.008
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		12.9	11.4	9.2	9.2	9.2	7.1	6.5

ns, *, ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

(ns, *, **: non-significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively)



شکل ۱- اثر تیمار علف هرز بر تعداد غده سیب‌زمینی

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار ندارند.

Figure 1- The effect of weed treatment on the number of potato tubers

Means followed by the same letter(s) are not significantly different (p≤0.05).

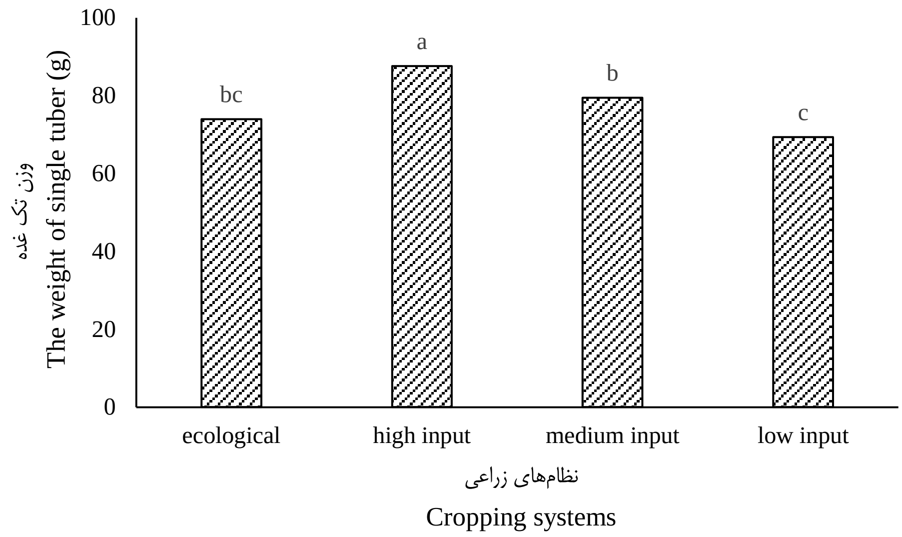
جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل نظام × علف هرز صفات مختلف تحت تاثیر تیمارهای مختلف

Table 8 -Mean comparison of interactions of cropping systems × weed on different traits influenced by different treatments

اثرات متقابل Interactions	نظام زراعی Cropping system	علف هرز Weed	تعداد غده Number of tubers	وزن غده ها در تک بوته The weight of tubers in a single plant (g)	وزن غده ها در متر مربع The weight of tubers in square meters (kg)	عملکرد Yield (kg.ha^{-1})	نیتروژن ساقه و برگ Stem and leaf nitrogen (%)
Cropping systems * Weed	اکولوژیک Ecological	بدون علف هرز Free weeds	5.75b	468.2c	3.27c	32778c	1.38ab
		با علف هرز weedy	4.25c	273.2d	1.91d	19218d	1.29bc
	پرنهاده High input	بدون علف هرز Free weeds	6.62a	653a	4.75a	45710a	1.41a
		با علف هرز weedy	4c	302d	2.11d	21140d	1.28cd
	متوسط نهاده Medium input	بدون علف هرز Free weeds	5.62b	511.6b	3.58b	35814b	1.30bc
		با علف هرز weedy	4.5c	300.5d	2.1d	21035d	1.19de
	کم‌نهاده Low input	بدون علف هرز Free weeds	5.75b	440.7c	3.08c	30853c	1.29bc
		با علف هرز weedy	4.62c	285.7d	2.0003d	20003d	1.1e

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار ندارند.

Means followed by the same letter(s) are not significantly different (p≤0.05).

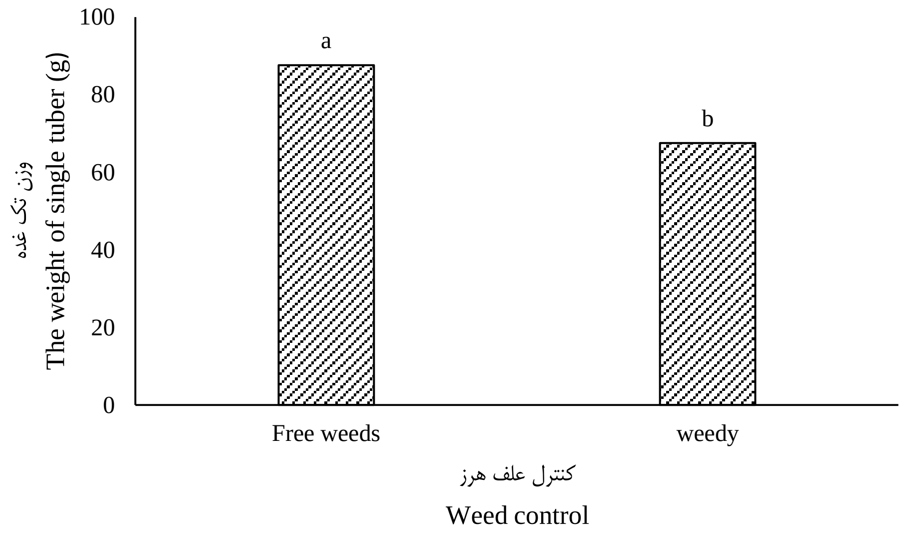


شکل ۲- اثر مدیریت های مختلف نظام بر وزن تک غده سیب‌زمینی

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار ندارند.

Figure 2- The effect of different systems management on the weight of a single potato tuber

Means followed by the same letter(s) are not significantly different ($p \leq 0.05$).



شکل ۳- اثر سطوح کنترل علف هرز بر وزن تک غده سیب‌زمینی

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار ندارند.

Figure 3- Effect of weed control levels on the weight of a single potato tuber

Means followed by the same letter(s) are not significantly different ($p \leq 0.05$).

وزن غده‌ها در تک بوته نیز تحت تاثیر اثرات ساده نظام، علف‌های هرز ($p \leq 0.01$) و همچنین اثرات متقابل مدیریت نظام و کنترل علف‌های هرز ($p \leq .01$) قرار گرفت (جدول ۷). با توجه به نتایج، بیشترین میزان وزن غده در تک بوته در نتیجهٔ اثر متقابل مدیریت نظام پرنهاده و بدون علف هرز (۶۵۳ گرم) حاصل شد که نسبت به کمترین مقدار این صفت که در تیمار مدیریت نظام اکولوژیک و عدم کنترل علف هرز به‌دست آمد، به میزان ۱۳۹ درصد بیشتر می‌باشد (جدول ۸).

وزن غده در متر مربع نیز تحت تاثیر اثرات ساده نظام و علف هرز ($p \leq 0.01$) و اثر متقابل مدیریت نظام و سطوح کنترل علف هرز

($p \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۷). با توجه به نتایج، وزن غده در متر مربع، در تمام تیمارهای کنترل علف هرز نسبت به عدم کنترل آن‌ها برتری محسوسی داشت. بیشترین میزان این صفت به میزان ۴/۵۷ کیلوگرم در تیمار پرنهاده و در شرایط بدون علف هرز به‌دست آمد که نسبت به کمترین میزان این صفت که در نظام اکولوژیک و وجود علف‌های هرز به‌دست آمد به میزان ۱۴۹ درصد بیشتر است (جدول ۸).

اجزای عملکرد سیب‌زمینی تحت تاثیر اعمال مدیریت، ژنوتیپ و محیط واقع می‌شوند و اغلب در توجیه علت کاهش یا افزایش عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرند. محیط بر توانایی یک گیاه از نظر ظاهر ساختن توان بالقوه ژنتیکی اثر می‌گذارد. همچنین مدیریت زراعی نادرست، آب، عناصر غذایی، دما، نور و سایر عوامل محیطی نیز به میزان نامناسب می‌توانند یک یا چند جزء از اجزای عملکرد را کاهش دهند (Moeini *et al.*, 2020; Amiri *et al.*, 2022).

عملکرد

عملکرد غده تحت تاثیر اثرات اصلی مدیریت نظام و علف‌های هرز ($p \leq 0.01$) و همچنین اثرات متقابل نظام و سطوح کنترل علف هرز ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج نشان داد، در نظام اکولوژیک، عملکرد غده در سطح کنترل علف هرز نسبت به عدم کنترل علف هرز، به‌طور چشمگیری تفاوت داشت. بیشترین مقدار عملکرد غده در نظام پرنهاده و در شرایط عدم وجود علف‌های هرز (۴۵۷۱۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که به میزان ۱۳۸ درصد نسبت به نظام اکولوژیک و وجود علف هرز عملکرد غده بیشتری را دارا بود (جدول ۸).

در سیستم با ورودی بالا، دسترسی بیشتر به عناصر غذایی (NPK) منجر به بهبود عملکرد و مولفه رشد شد (Jalilian *et al.*, 2017). فسفر مورد استفاده در سیستم پرنهاده دارای نقش‌های متفاوتی از جمله در تقسیم سلولی، لقاح و توسعه اندام‌های تولید مثل است. این می‌تواند توسعه ریشه و غده را بهبود بخشد و جذب آب و عناصر غذایی را افزایش دهد (Marschner, 2002). همچنین، مشخص شده است که سنبله برنج (Delmotte *et al.*, 2011) و اجزای عملکرد گندم (Hildermann *et al.*, 2009) در سیستم زراعی پرنهاده افزایش یافته است. نتایج تحقیقات ناصری‌راد و همکاران (Naseri Rad *et al.*, 2019) روی گیاه کلزای زمستانه نشان داد که بیشترین مقدار اجزای عملکرد در مدیریت پرنهاده و متوسط نهاده نظام‌های زراعی به‌دست آمد که در مقایسه با نظام زراعی کم‌نهاده دارای اختلاف معنی‌داری بود. این محققان بیان داشتند که از جمله دلایل پایین بودن اجزای عملکرد در شرایط کم‌نهاده می‌توان به آماده‌سازی نامناسب بستر کاشت و در نتیجه عدم یکنواختی در جوانه‌زنی و استقرار گیاه اشاره کرد (Naseri Rad *et al.*, 2019). همچنین محققین دیگری گزارش کردند که خاک‌ورزی در نظام زراعی پر نهاده به دلیل افزایش نفوذپذیری، کاهش جرم مخصوص ظاهری و تأمین بیشتر عناصر غذایی، رشد گیاه افزایش یافته و در نتیجه اجزای عملکرد بهبود می‌یابد (Dawelbeit and Babiker, 1997). در مطالعه علیزاده و علامه (Alizadeh and Alameh, 2015) مشخص شد که با افزایش شدت خاک‌ورزی و در نتیجه توسعه ریشه و جذب عناصر غذایی، اجزای عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) افزایش یافت.

برادی (Brady, 1990) و آگبده (Agbede, 2006) دریافتند که تراکم توده خاک (وزن مخصوص ظاهری) به‌طور کلی در لایه‌های پایین‌تر بیشتر است. این به دلیل میزان کمتر مواد آلی، نفوذ کمتر ریشه و تراکم ناشی از وزن لایه‌های بالایی است. یافته‌ها نشان داد که pH خاک، کربن آلی، کل فسفر و نیتروژن موجود، کلسیم، پتاسیم و منیزیم قابل تبادل در لایه سطحی خاک (۰ تا ۱۵ سانتی‌متر عمق) بیشتر از لایه‌های زیرین (عمق ۱۵ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۴۵ سانتی‌متر) می‌باشد، که دلیل آن غلظت بیشتر مواد آلی در لایه‌های سطحی خاک نسبت به لایه‌های زیر خاک می‌باشد، زیرا مواد آلی تعیین‌کننده نهایی باروری خاک در اغلب خاک‌های مناطق گرمسیری است (Kadiri *et al.*, 2021). عملکرد غده در نظام‌های کشت اکولوژیک و کم‌نهاده نسبت به نظام کشت پرنهاده کمتر بود، که می‌تواند به دلیل تفاوت در شدت خاک‌ورزی در نظام‌های مختلف باشد، به طوری که نظام‌هایی که بدون خاک‌ورزی و یا خاک‌ورزی حداقل بودند دارای عملکرد غده کمتری بودند که این کاهش را می‌توان به تراکم زیاد و تخلخل کمتر خاک نسبت داد. نتایج این تحقیق با مشاهدات آنیکوه و اوبوچی (Anikwe and Ubochi, 2007) همخوانی دارد که گزارش کردند تراکم زیاد خاک و تخلخل‌پذیری کمتر آن عملکرد غده سیب‌زمینی شیرین را کاهش می‌دهد. کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی با افزایش تراکم خاک نشان‌دهنده شرایط نامطلوب برای توسعه غده سیب‌زمینی به دلیل تخلخل کم است. در آزمایشی که بر روی سیب‌زمینی شیرین (*Ipomoea batatas*) صورت گرفت گزارش شد که با وجود این‌که سیستم بدون خاک‌ورزی، باعث می‌شود محتوای رطوبتی و عناصر غذایی در لایه بالایی خاک افزایش یابد، ولی محتوای عناصر غذایی غده و عملکرد در این شرایط به دلیل افزایش جرم مخصوص ظاهری کاهش پیدا کرد (Agbede, 2010). از دیگر دلایل افزایش عملکرد گیاهان در نظام‌های زراعی متوسط و پرنهاده می‌توان به کاهش تراکم علف‌های هرز در این نظام‌ها اشاره کرد. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel *et al.*, 2009) گزارش کردند که اگرچه مدیریت سیستم پرنهاده به دلیل عملیات خاک‌ورزی وسیع‌تر و مصرف کود شیمیایی سبب تحریک و شکستن خواب بذر علف‌های هرز و در نتیجه جوانه‌زنی یکنواخت گیاهان هرز در طول فصل رشد

خواهد شد، ولی مصرف علف‌کش به‌عنوان یکی از نهاده‌های بسیار موثر در تغییرات جمعیت علف‌های هرز باعث کاهش چشم‌گیر تراکم این گیاهان شد.

نتایج آزمایشی که برا و همکاران (Bera *et al.*, 2015) بر روی کنترل علف‌های هرز مزرعه سیب‌زمینی انجام دادند نشان داد که کنترل علف‌های هرز در مقایسه با عدم کنترل آن‌ها عملکرد غده را به میزان قابل‌توجهی افزایش داد. این محققان بیان داشتند که عدم کنترل علف‌های هرز عملکرد غده را به میزان ۵۲ درصد کاهش داد و از طرف دیگر، با اتخاذ شیوه‌های مدیریت علف‌های هرز، میزان عملکرد غده‌های سیب‌زمینی به میزان ۴۱ تا ۷۶ درصد افزایش یافت (Bera *et al.*, 2015). روند کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی می‌تواند مربوط به سایه‌اندازی علف‌های هرز بر روی بوته سیب‌زمینی و در نهایت کاهش اجزای عملکرد سیب‌زمینی باشند. مندنی و همکاران (Mondani *et al.*, 2011) گزارش کردند که با افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز، عملکرد نهایی غده سیب‌زمینی کاهش می‌یابد. همچنین به نظر می‌رسد که وجود علف‌های هرز در مزارع سیب‌زمینی باعث افزایش رقابت بین

گونه‌ای شده و فشار زیست‌توده علف‌های هرز منجر به کاهش عملکرد سیب‌زمینی شده است.

نیتروژن ساقه و برگ، غده و علف هرز

تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی روش مدیریت نظام و سطح کنترل علف هرز ($p \leq 0.01$)، اثر معنی‌دار بر نیتروژن غده داشتند (جدول ۷). مقایسه میانگین ها نشان داد که نیتروژن غده در مدیریت پرنهاده ۱/۳۴ درصد بود که نسبت به مدیریت کم‌نهاده به میزان ۱۳ درصد بیشتر بود (شکل ۴). همچنین نتایج حاکی از آن است که با کنترل علف‌های هرز بر میزان نیتروژن غده افزوده شد، به طوری‌که بیشترین میزان این صفت در شرایط وجین علف هرز (۱/۳۴ درصد) به‌دست آمد و کمترین مقدار این صفت در شرایط عدم وجین (۱/۲۱ درصد) حاصل شد که تفاوت بیشترین و کمترین مقدار آن‌ها برابر با ۱۱ درصد می‌باشد (شکل ۵).

نیتروژن ساقه و برگ نیز تحت تاثیر اثرات ساده مدیریت نظام و سطوح کنترل علف‌های هرز ($p \leq 0.01$) و همچنین اثرات متقابل نظام و علف‌های هرز ($p \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۷). با توجه به نتایج، بیشترین میزان نیتروژن ساقه و برگ در اثر متقابل نظام پرنهاده و بدون وجود علف هرز (۱/۴۱ درصد) حاصل شد که نسبت به کمترین مقدار این صفت که در تیمار نظام کم‌نهاده و عدم کنترل علف هرز به‌دست آمد، به میزان ۲۸ درصد بیشتر می‌باشد (جدول ۸).

درصد نیتروژن موجود در علف‌های هرز فقط تحت تاثیر روش‌های مدیریت نظام زراعی ($p \leq 0.01$) قرار گرفت (جدول ۸). با توجه به نتایج، استفاده بیشتر از نهاده‌ها باعث افزایش درصد نیتروژن در علف‌های هرز مزرعه سیب‌زمینی شد به طوری‌که بیشترین میزان این صفت در تیمار نظام پرنهاده به میزان ۲/۳۶ درصد گزارش شد و کمترین میزان این صفت در نظام اکولوژیک ۱/۷ درصد نیتروژن حاصل شد که تفاوت بیشترین و کمترین درصد نیتروژن برابر با ۳۹ درصد می‌باشد (شکل ۶).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مصرف کود نیتروژنه اثر معنی‌داری بر میزان نیتروژن اندام هوایی، غده و همچنین نیتروژن موجود در بافت علف‌های هرز داشت که می‌توان چنین نتیجه گرفت که گیاهان رشد یافته در نظام پرنهاده به دلیل ورودی بیشتر کود نیتروژنه، میزان بیشتری از آن را در بافت‌های خود ذخیره کردند. وجود رابطه مستقیم بین محتوای نیتروژن بافت‌های گیاهی و کود نیتروژن مصرفی در مطالعات متعدد گزارش شده است. دزیدا و جاروس (Dzida and Jarosz, 2006) در یک آزمایش گلخانه‌ای تاثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و انواع مختلف کودهای پتاسیم‌دار را بر عناصر معدنی مرزه تابستانه بررسی کردند. نتایج این محققین نشان داد که مصرف کود نیتروژنه تاثیر مثبتی بر تجمع نیتروژن در اندام هوایی گیاه مرزه داشت. اشرف و علی (Ashraf and Ali, 2005) در سیاه‌دانه و مومیوند و همکاران (Mumivand *et al.*, 2013) در گیاه دارویی مرزه تابستانه نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. همچنین، درخشان و همکاران (Derakhshan *et al.*, 2018) اعلام کردند که افزایش کود نیتروژن نه تنها به سود گیاه زراعی نیست، بلکه مشکل علف‌های هرز را پیچیده‌تر می‌سازد، در چنین شرایطی علف‌های هرز عناصر غذایی را سریع‌تر و به مقدار بیشتر نسبت به گیاه زراعی جذب می‌کنند.

شاخص تنوع شانون-وینر

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر نظام اکولوژیک بر شاخص تنوع شانون-وینر ($p \leq .01$) معنی‌دار شد (جدول ۹). نتایج نشان داد که افزایش استفاده از نهاده‌ها با شاخص شانون-وینر رابطه عکس دارد به طوری‌که کشت اکولوژیک که بدون استفاده از نهاده‌ها بود بیشترین میزان این شاخص را دارا بود. بیشترین میزان این شاخص در نظام کشت اکولوژیک (۱/۳۲) بود که نسبت به کمترین میزان این شاخص که در نظام پرنهاده (۰/۸۷) بود به میزان ۵۲ درصد بیشتر بود. همچنین نظام کم‌نهاده با میزان شاخص ۱/۱۱ بعد از نظام اکولوژیک بیشترین میزان شاخص را دارا بود (شکل ۷).

مقدار شاخص تنوع شانون-وینر برای علف‌های هرز موجود در نظام زراعی اکولوژیک بیشتر از سایر نظام‌ها بود (شکل ۶). علت اصلی از بین رفتن تنوع زیستی در مزارع رایج نسبت به کم‌نهاده و اکولوژیک، تشدید تولیدات کشاورزی است که با مصرف زیاده نهاده‌های حفاظت‌کننده گیاهان از جمله علف‌کش‌ها مرتبط است

(Berbec, 2016). محققان دریافتند که در مـزارع معمـولی، شـاخص تنوع شانون-وینر با مجموع کودهای معدنی NPK مصرف شده رابطه منفی داشت (Haliniarz *et al.*, 2014). از دست دادن تنوع زیسـتی در مزارع با کاربرد NPK بیشتر ممکن اسـت ناشـی از شـدت بیشـتر کـاربرد نهـاده‌هـای دخیـل در تولیـد (بـه‌عنـوان مثـال، اسـتفاده از علف‌کش‌ها) باشد.

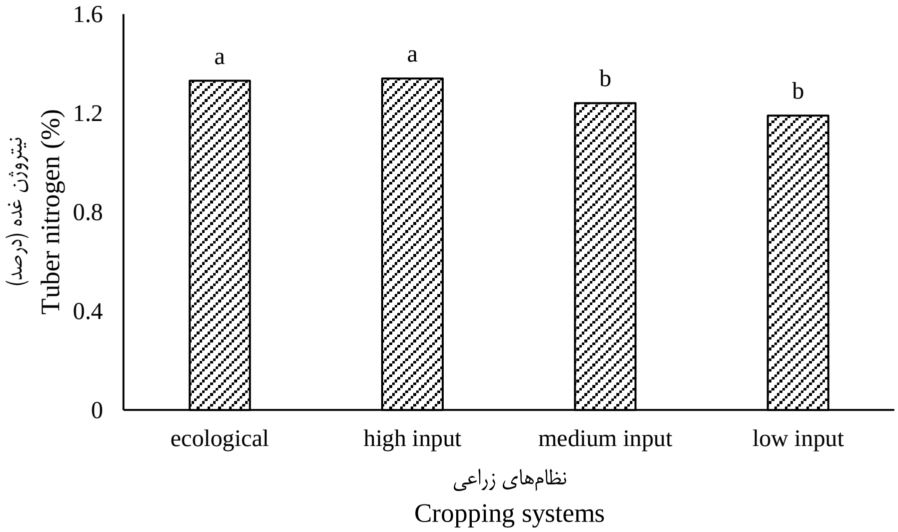
جدول ۹- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص تنوع شانون- وینر و میزان نیتروژن علف‌های هرز تحت روش‌های مدیریت زراعی و سطوح کنترل علف‌های هرز

Table 9- Analysis of variance (mean squares) of Shannon-Wiener diversity index and weed nitrogen content under field management methods and weed control levels

منابع تغییر (Source of variation)	درجه آزادی (d.f)	میانگین مربعات (Average of squares)	
		شاخص تنوع شانون-وینر Shannon-Wiener diversity index	نیتروژن علف‌های هرز Nitrogen content of weed
سال Year (Y)	1	0.007[ns]	0.006[ns]
خطای سال Year error	6	0.05	0.01
مدیریت نظام زراعی Cropping systems management (A)	3	0.34**	0.59**
Y×A	3	0.008[ns]	0.02[ns]
خطای کل Total error	18	0.04	0.02
ضریب تغییرات (٪) C.V (%)		19.8	7.0

ns, *, **به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

(ns, *, **: represent non-significant, significant at p = 0.05 and p = 0.01, respectively)

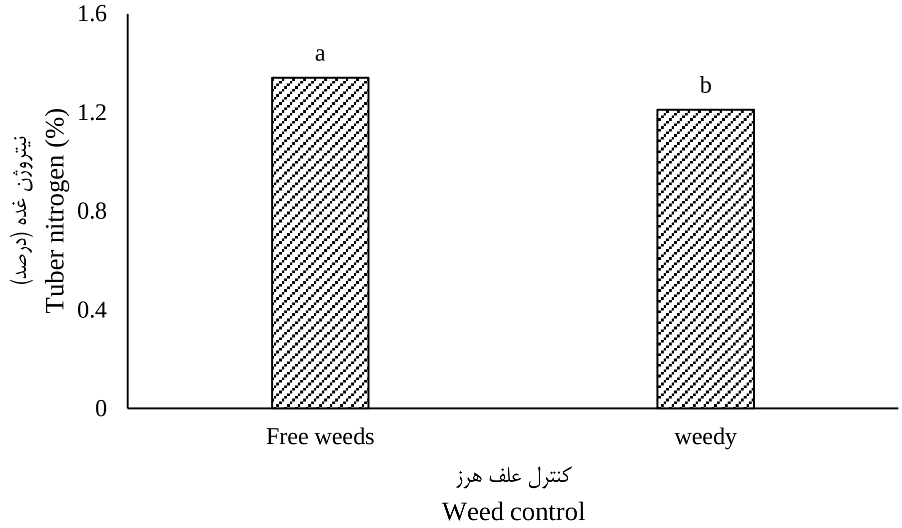


شکل ٤- اثر مدیریت نظام زراعی بر نیتروژن غده سیب‌زمینی

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار ندارند.

Figure 4- Effect of cropping systems management on potato tuber nitrogen

Means followed by the same letter(s) are not significantly different (p≤0.05).

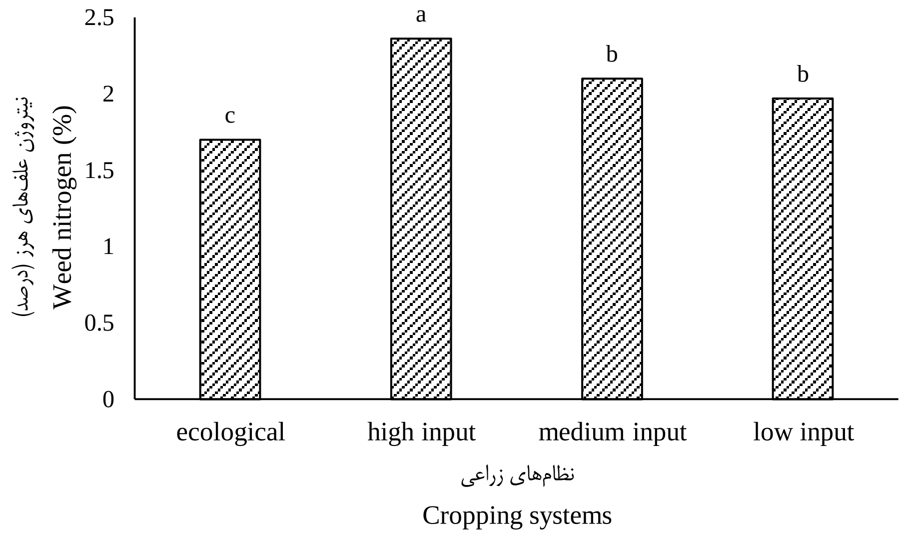


شکل ٥- اثر سطوح کنترل علف هرز بر نیتروژن غده سیب‌زمینی

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار ندارند.

Figure 5- Effect of weed control levels on potato tuber nitrogen

Means followed by the same letter(s) are not significantly different (p≤0.05).



شکل ٦- اثر نظام‌های مختلف کاشت بر درصد نیتروژن علف‌های هرز

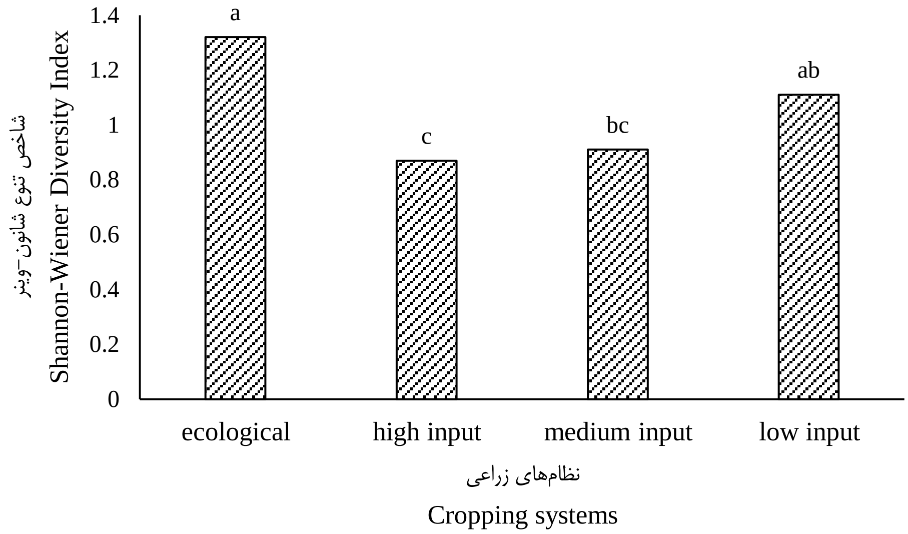
میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار ندارند.

Figure 6- Effect of different cropping systems on weed nitrogen percentage

Means followed by the same letter(s) are not significantly different (p≤0.05).

همچنین مصرف کودهای معدنی بیشتر NPK می‌تواند باعث کاهش pH خاک شود، که شرایط زیستگاه را طوری تغییر می‌دهد که تنوع گونه‌ای کاهش می‌یابد (Berbec *et al.*, 2020). به‌علاوه، در حالی که دانش فعلی نشان می‌دهد که ترکیب جامعه علف‌های هرز در پاسخ به سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی تغییر خواهد کرد، در خصوص تغییرات تنوع علف‌های هرز جامعه اطلاعات کمتر است. بیلالیس و همکاران (Bilalis *et al.*, 2001) از هر دو شاخص سیمپسون و شانون-وینر برای بررسی تاثیر سه روش خاک‌ورزی مختلف بر تغییرات فلور علف‌های هرز در تیمار سه ساله تناوب زراعی استفاده کردند. در همه محصولات، به غیر از پنبه، تفاوت‌های

قابل‌توجهی بین سیستم‌های خاک‌ورزی یافت شد. سه گونه یک ساله در سیستم‌های معمولی و حداقل خاک‌ورزی (*Sinapis arvensis*, *Solanum nigrum* and *Tribulus terrestris*) غالب بودند، در حالی که یک گونه چند ساله (*Malva* sp.) در سیستم بدون خاک‌ورزی غالب بود. همچنین محققان دیگری گزارش کردند که بالاترین مقادیر شاخص تنوع شانون-وینر در شرایط عدم شخم مشاهده شد (Travlos *et al.*, 2018). سانس و همکاران (Sans *et al.*, 2011) پیشنهاد کردند که خاک‌ورزی تاثیر قابل‌توجهی بر تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در محصولات گندم نداشت، با این حال، خاک‌ورزی رایج سبب کاهش شاخص یکنواختی، غالبیت بالای علف‌های هرز زمستانه و کاهش تنوع علف‌های هرز در مزرعه آفتابگردان شد. برعکس، شاخص‌های یکنواختی و تنوع شانون در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی بیشتر از سیستم خاک‌ورزی رایج بود (Dorado and Lopez-Fando, 2006).



شکل ۷- اثر نظام‌های مختلف کاشت بر شاخص تنوع شانون-وینر

میانگین‌های دارای حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌دار ندارند.

Figure 7- Effect of different planting systems on Shannon-Wiener diversity index

Means followed by the same letter(s) are not significantly different (p≤0.05).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزایش ورودی نهاده‌ها، عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان نیتروژن در غده، اندام هوایی سیب‌زمینی و همچنین در بافت‌های علف‌های هرز در نظام زراعی پرنهاده مشاهده شد و بنابراین می‌توان گفت که استفاده بیشتر از کودهای شیمیایی باعث ذخیره بیشتر نیتروژن در بافت‌های مختلف گیاهی شده است. از طرف دیگر، با کاهش میزان ورودی نهاده‌ها در نظام های اکولوژیک و کم‌نهاده، میزان شاخص تنوع شانون-وینر افزایش یافت به طوری‌که بیشترین میزان این شاخص در نظام کشت اکولوژیک و کم‌نهاده مشاهده شد. هرچند عملکرد پایین‌تر سیب‌زمینی در نظام اکولوژیک باعث کاهش ارزش بازاری محصول سیب‌زمینی می‌شود، ولی با بازاریابی مناسب می‌توان این کاهش عملکرد را جبران کرد. از سوی دیگر با در نظر گرفتن کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در نظام‌های اکولوژیک، می‌توان بیان کرد که این‌گونه نظام‌ها، بوم‌سازگار بوده و در صورتی که بتوان چنین خدماتی را نیز ارزش‌گذاری کرد، برتری نظام اکولوژیک نسبت به رایج بیشتر نمود پیدا می‌کند.

سپاسگزاری

بخشی از هزینه‌های انجام این پژوهش، توسط معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح شماره ۳/۳۹۹۲۲ مصوب ۱۳۹۴/۱۱/۱۷ تأمین شده است، که بدین‌وسیله قدردانی می‌شود.

References

1. Agbede, T. M. 2006. Effect of tillage on soil properties and yam yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. Soil Tillage Research 86: 1-8. https://doi.org/10.1016/j.still.2005.01.012.
2. Agbede, T. M. 2010. Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. Soil and Tillage Research Journal 110: 25-32. https://doi.org/10.1016/j.still.2010.06.003.
3. Alizadeh, M. R., and Allameh, A. 2015. Canola yield and yield components as affected by different tillage practices in paddy fields. International Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 2 (3): 46-51. (in Persian with English abstract).
4. Amiri, M. B., Jahan, M., and Rezvani-Moghaddam, P. 2022. An exploratory method to determine the plant characteristics affecting the final yield of *Echium amoenum* Fisch. & C.A. Mey. under fertilizers application and plant densities. Scientific Reports. https://doi.org/10.1038/s41598-022-05724-8.
5. Anikwe, M. A. N., and Ubochi, J. N. 2007. Short-term changes in soil properties under tillage systems and their effect on sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) growth and yield in an Ultisol in southeastern Nigeria. Australian Journal of Soil Research 45 (5): 351-358. https://doi.org/10.1071/SR07035.
6. Ashraf, M., and Ali, Q. 2005. The effect of applied nitrogen on the growth and nutrient concentration of Kalonji (*Nigella sativa*). Australian Journal of Experimental Agriculture 45: 459-463. https://doi.org/10.1071/EA03261.
7. Aynehband, A., Shohani, M,. and Fateh, E. 2019. Evaluation of Agro-chemical characters of wheat agro ecosystem as affected double cropping systems and bio- chemical fertilizer management. Journal of Plant Production Research 26 (2): 71-84. DOI:10.22069/JOPP.2019.14557.2307.
8. Bera, S., Poddar, R., and Ghosh, R. K. 2015. Effect of weed management on the performance of potato and microflora population in rhizosphere. American Journal of Potato Research 42 (1): 29-35.
9. Berbeć, A., Staniak, M., Feledyn-Szewczyk, B., Kocira, A., and Stalenga, J. 2020. Organic but Also Low-Input Conventional Farming Systems Support High Biodiversity of Weed Species in Winter Cereals. Agriculture 10: 413.https://doi.org/10.3390/agriculture10090413.
10. Berbec, A. K. 2016. Weed diversity in spring cereals and weed seed bank in conventional and organic farms in the Province of Lublin. Ph. D. Thesis, Institute of Soil Science and Plant Cultivation State Research Institute, Puławy, Poland.
11. Bilalis, D., Efthimiadis, P., and Sidiras, N. 2001. Effect of three tillage Systems on weed flora in a 3-year rotation with four crops. Journal of Agronomy and Crop Science 186: 135-141. https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2001.00458.x.
12. Brady, N. C. 1990. The nature and properties of soils. Cornell University and United States Agency of International Development. (USAID).
13. Coulibali, Z., Cambouris, A. N., and Parent, S. E. 2020. Cultivar-specific nutritional status of potato (*Solanum tuberosum* L.) crops. PLOS ONE 15 (3): e0230458. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230458.
14. Dawelbeit, M. I. and Babiker, E. A. 1997. Effect of tillage and method of sowing on wheat yield in irrigated Vertisols of Rahad, Sudan. Soil and Tillage Research Journal 42: 127-132. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(96)01088-4.
15. Delmotte, S., Tittonell, P., Mouret, J. C., Hammonda, R., and Lopez-Ridauraa, S. 2011. On farm assessment of rice yield variability and productivity gaps between organic and conventional cropping systems under Mediterranean climate. European Journal of Agronomy 35: 223-236. https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.06.006.
16. Derakhshan, A., Siadat, S., and Bakhshandeh, A. 2018. Modeling the interaction of herbicide doses and nitrogen fertilizer on crop and weed biomass production in multiple weed species–wheat interference. Journal of Crop Production 11 (2): 169-184. DOI: 10.22069/EJCP.2018.14405.2091.
17. Deytieux, V., Munier-Jolain, N., and Caneill, J. 2016. Assessing the sustainability of cropping systems in single- and multi-site studies. A review of methods. European Journal of Agronomy 72: 107-126. https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.005.
18. Dorado, J., and Lopez-Fando, C. 2006. The effect of tillage system and use of a paraplow on weed flora in a semiarid soil from central Spain. Weed Research 46: 424-431. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2006.00532.x.
19. Dzida, K. and Jarosz, Z. 2006. Influence of nitrogen-potassium fertilization on the yield and on the nutrients content in *Satureja hortensis* L. Acta Agrophysica 7: 879-884.
20. Giuliano, S., Ryan, M. R., Véricel, G., Rametti, G., Perdrieux, F., Justes, E., and Alletto, L. 2016. Low-input cropping systems to reduce input dependency and environmental impacts in maize production: A multi-criteria assessment. European Journal of Agronomy 76: 160-175. https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.12.016.
21. Haliniarz, M., Gaw, eE.da, D., Kwiatkowski, C., Frant, M., and Rozanska-Boczula, M. 2014. Weed biodiversity in field Pea under reduced tillage and different mineral fertilization conditions. Bulgarian Journal of Agricultural Science 20: 1340-1348.
22. Hassanpanah, D., and Hassanabadi. H. 2011. Evaluation of Quantitative Traits of Potato Cultivars in the Spring

Cultivation and after Barley Harvest Plantings in Ardabil Region. Journal of Crop and Weed Ecophysiology 5 (1): 27-40.

23. Hildermann, I., Thommen, A., Dubois, D., Boller, T., Wiemken, A., and Mader, P. 2009. Yield and baking quality of winter wheat cultivars in different farming systems of the DOK long-term trial. Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 2477-2491.
24. Horwitz, W., and Latimer, G. W. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 18th Edition. Maryland, USA.
25. Jahan, M., Javadi, M., Hesami, E., and Amiri, M. B. 2021. Nutritional management improved sesame performance and soil properties: a function-based study on sesame as affected by deficit irrigation, water superabsorbent, and salicylic acid. Journal of Soil Scince and Plant Nutrition. https://doi.org/10.1007/s42729-021-00557-2.
26. Jalilian, J., Najafabadi, A., and Zardashti, M. R. 2017. Intercropping patterns and different farming systems affect the yield and yield components of safflower and bitter vetch. Journal of Plant Interactions 12(1): 92-99. https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1294712.
27. Kadiri, W. O. J., Fasina, A. S., and Babalola, T. S. 2021. Soil organic carbon concentration and stock of arable land use of two agro-ecological zones of Nigeria. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 20 (3): 180-189. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.01.004.
28. Kapczyńska, A., and Stodolak, B. 2019. The morphological and physiological response of Lachenalia to supplemental irradiation. Horticulture, Environment, and Biotechnology 60: 455-465. https://doi.org/10.1007/s13580-019-00142-8.
29. Khorramdel, S., Koochaki, A. R., and Nasiri, M. M. 2009. Effect of farming systems with different inputs on the variation, composition and density of weeds in corn. Agroecology 1 (2): 1-10. (in Persian with English abstract).
30. Kulak, M., Nemecek, T., Frossard, E. and Gaillard, G. 2013. How eco-efficient are low-input cropping systems in western europe, and what can be done to improve their eco-efficiency? Sustainability 5: 3722-3743. https://doi.org/10.3390/su5093722.
31. Lehoczky, E., Kismanyoky, A., and Nemeth, T. 2009. Weediness and nutrient uptake by weeds in relation to the soil tillage. Communications in Soil Science and Plant Analysis 40: 871-878. https://doi.org/10.1080/00103620802694431.
32. Marschner, H. 2002. Relationships between mineral nutrition and plant diseases and pests. In: Marschner H, editor. Mineral nutrition of higher plants. New York (NY): Elsevier Science p. 436-460.
33. Mirlohi, A. F., Mohammadi, R., Razavi, S. J., Majidi, M. M., and Nourbakhsh, F. 2009. Effect of organic fertilizers and split application of nitrogen on yield and yield components of rice. Journal of Plant Production 16 (1): 29-43. (in Persian with English abstract).
34. Moeini, N., Dadashi, M. R., Dastan, S., and Faraji, A. 2020. Evaluating some qualitative and quantitative indices of local rice cultivars in paddy field planting systems in north of Iran. Journal of Plant Environmental Physiology 15 (57): 65-83.
35. Mondani, F., Golzardi, F., Ahmadvand, G., Ghorbani, R., and Moradi, R. 2011. Influence of weed competition on potato growth, production and radiation use efficiency. Notulae Scientia Biologicae 3 (3): 42-52. https://doi.org/10.15835/nsb336125.
36. Mumivand, H., Nooshkam, A., Moseni, A., and Babalar, M. 2013. Influence of Nitrogen and Calcium Carbonate Application Rates on Nitrate Accumulation and Yield of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Crop Production 6 (2): 109-124.
37. Naseri rad, H., Rezvani Moghadam, P., Koochaki, A., and Jafari, A. 2019. The Effect of Farming Systems and Wheat Residues Managements on yield and yield components in Brassica Napus in Roumeshagen and chardavol locations in southwest of Iran. Applied Field Crops Research 32 (03): 89-116. DOI:10.22092/AJ.2019.121803.1294.
38. Rega, C., Helming, J., and Paracchini, M. L. 2019. Environmentalism and localism in agricultural and land-use policies can maintain food production while supporting biodiversity. Findings from simulations of contrasting scenarios in the EU. Land Use Policy 87: 103986. DOI:10.1016/j.landusepol.2019.05.005.
39. Rodrigues, P. M. S., Schaefer, C. E. G. R., Silva, J. D. O., Junior, W. G. F., Santos, R. M. D., and Viana Neri, A. 2016. The influence of soil on vegetation structure and plant diversity in different tropical savannic and forest habitats. Journal of Plant Ecology 11 (2): 226-236. https://doi.org/10.1093/jpe/rtw135.
40. Sans, F. X., Berner, A., Armengot, L., and Mader, P. 2011. Tillage effects on weed communities in an organic winter wheat–sunflower–spelt cropping sequence. Weed Research 51: 413-421. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2011.00859.x.
41. Shah, F., and Wu, W. 2019. Soil and Crop Management Strategies to Ensure Higher Crop Productivity within Sustainable Environments. Sustainability 11: 1485. https://doi.org/10.3390/su11051485.
42. Shannon, C.E., and Weaver, W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana, Illinois.144pp.
43. Therond, O., Duru, M., Estrade, R., and Richard, G. 2017. A new analytical framework of farming system and

agriculture model diversities. A review. Agronomy for Sustainable Development 37: 2. DOI: 10.1007/s13593-017-0429-7. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0429-7.

44. Trabelsi, M., Mandart, E., Le Grusse, P., and Bord, J. P. 2016. How to measure the agroecological performance of farming in order to assist with the transition process. Environmental Science and Pollution Research International 23: 139-156. https://doi.org/10.1007/s11356-015-5680-3.
45. Travlos, I. S., Cheimona, N., Roussis, I., and Bilalis, D. J. 2018. Weed-Species Abundance and Diversity Indices in Relation to Tillage Systems and Fertilization. Frontiers in Environmental Science 6: 11. DOI: 10.3389/fenvs.2018.00011.
46. Trigo, A., Marta-Costa, A., and Fragoso, R. 2021. Principles of Sustainable Agriculture: Defining Standardized Reference Points. Sustainability 13: 4086. DOI:10.3390/su13084086.
47. Vakilpoor, M. H., and Babania, S. 2016. Environmental effects of chemical inputs price dumping on agricultural products. Journal of the Popularization of Science 7 (2): 75-83.